

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Sang-Hyub LEE

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: December 16, 2003

Examiner:

For: FLYING HEIGHT MEASUREMENT METHOD AND SYSTEM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Republic of Korea Patent Application No(s). 2002-80875

Filed: December 17, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP



By: \_\_\_\_\_

Michael D. Stein  
Registration No. 37,240

Date: December 16, 2003

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2002-0080875  
Application Number PATENT-2002-0080875

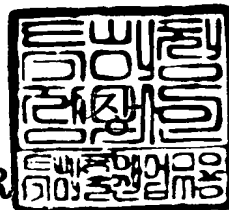
출원년월일 : 2002년 12월 17일  
Date of Application DEC 17, 2002

출원인 : 삼성전자 주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

2003 년 01 월 23 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0003
【제출일자】	2002. 12. 17
【국제특허분류】	G11B
【발명의 명칭】	비행 높이 측정 방법 및 시스템
【발명의 영문명칭】	Method and system for measuring flying height
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	1999-009556-9
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2000-002816-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이상협
【성명의 영문표기】	LEE, Sang Hyub
【주민등록번호】	700516-1807629
【우편번호】	442-374
【주소】	경기도 수원시 팔달구 매탄4동 매탄성일아파트 206동 1109호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 이해영 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 5 면 5,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 8 항 365,000 원

【합계】 399,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

비행 높이 측정 대상 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 적어도 하나의 돌기를 갖는 디스크를 회전시켜, 상기 디스크에 대해 헤드 조립체의 슬라이더를 부상시키고, 디스크의 회전에 따라 상기 슬라이더에 의해 상기 돌기의 상단부를 절단하고, 측정기에 의해 상기 절단된 돌기의 높이를 물리적으로 측정하는 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 방법 및 측정 시스템이 개시되어 있다.

개시된 비행 높이 측정 방법 및 측정 시스템에 의하면, 절단된 돌기를 갖는 디스크의 표면 프로파일을 측정하여 헤드 조립체의 비행 높이를 측정하므로, 고용량화 따라 점점 비행 높이가 낮아지는 추세에도 충분히 대응할 수 있다.

**【대표도】**

도 11

**【명세서】****【발명의 명칭】**

비행 높이 측정 방법 및 시스템{Method and system for measuring flying height}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 자기 기록 디스크의 층 구조를 개략적으로 보인 단면도,

도 2는 자기 기록 디스크에 편홀이 형성됨을 보인 단면도,

도 3은 3.0kV의 에너지로 자기 기록 디스크 표면을 관측하여 얻은 영상을 보인 도면,

도 4는 20 kV의 에너지로 자기 기록 디스크의 표면을 관측하여 얻은 영상을 보인 도면,

도 5는 니켈 물질의 마이그레이션에 의해 자기 기록 디스크의 표면에 생성된 어스페리티의 삼차원 형상을 보인 도면,

도 6은 자기 기록 디스크의 결을 따라 니켈-마이그레이션에 의해 생성된 어스페리티를 보인 도면,

도 7a는 니켈 물질의 마이그레이션에 의해 생성된 어스페리티를 AFM으로 측정한 섹션 분석 결과를 보인 그래프,

도 7b는 도 7a의 측정 결과를 얻는데 사용된 자기 기록 디스크의 표면을 개략적으로 보인 도면,

도 8a는, 자기 기록 디스크의 회전에 의해 그 표면으로부터 비행 높이만큼 부상된 슬라이더가 그 비행 높이보다 크게 돌출된 돌기의 부분을 치기 전 상태를 개략적으로 보인 도면,

도 8b는, 자기 기록 디스크의 회전에 의해 그 표면으로부터 비행 높이만큼 부상된 슬라이더가 그 비행 높이보다 크게 돌출된 돌기의 부분을 쳐서, 헤드의 가장 낮은 곳의 비행 높이(Min FH)에 해당하는 돌기 부분만 남기고 그 상측부가 절단된 상태를 보인 도면,

도 9a는 슬라이더에 의해 절단된 일 돌기를 AFM으로 측정한 섹션 분석 결과를 보인 그래프,

도 9b는 도 9a의 결과를 얻는데 사용된 자기 기록 디스크의 표면을 개략적으로 보인 도면,

도 10a는, 슬라이더에 의해 절단된 다른 돌기를 AFM으로 측정한 섹션 분석 결과를 보인 그래프,

도 10b는 도 10a의 결과를 얻는데 사용된 자기 기록 디스크의 표면을 개략적으로 보인 도면,

도 11은 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템의 구성을 개략적으로 보인 도면.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10, 40...자기 기록 디스크	11...기판
13...기저층	14...하지막
15...기록층	17...보호층

19...운활층

20...편홀

21,23...어스페리티

25,31...슬라이더

27a...절단되기 전 돌기

27b,41...절단된 돌기

30...측정 대상 자기 헤드 조립체

50...측정기

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<24> 본 발명은 비행 높이 측정 방법 및 측정 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 자기 기록 디스크의 고용량화에 따라 비행 높이가 점점 낮아지는 추세에도 충분히 대응하여 비행 높이를 측정할 수 있는 헤드 슬라이더의 비행 높이 측정 방법 및 측정 시스템에 관한 것이다.

<25> 일반적으로, 하드디스크는 하드디스크 드라이브 내의 베이스 상에 회전 가능하게 설치된다. 하드디스크 드라이브에는, 하드디스크 면의 자기 영역(magnetic field)을 자화 또는 검지하는 것에 의해 정보를 쓰거나 읽도록, 회전하는 하드디스크의 기록/재생면에 짝지워지는 적어도 하나 이상의 자기 헤드(magnetic head)가 구비되어 있다.

<26> 상기 자기 헤드는 하드디스크 드라이브 내의 베이스 상에 회동 가능하게 설치된 자기 헤드 조립체의 끝쪽에 설치되어, 자기 헤드 조립체의 회동에 따라 회전하는 하드디스크 상의 적정 위치로 이송된다.

<27> 상기 자기 헤드 조립체는, 하드디스크에 정보를 기록하고 그에 기록되어 있는 정보를 읽을 수 있는 자기 헤드가 그 선단쪽에 마련된 자기 헤드 슬라이더와, 상기 회동축에



회전 가능하게 결합되는 액츄에이터 암과, 이 액츄에이터 암에 결합되어 있으며 상기 자기 헤드 슬라이더가 설치되는 서스펜션을 포함한다.

<28> 자기 헤드 슬라이더는 서스펜션에 의해 하드디스크쪽으로 바이어스되어 있으며, 하드디스크가 회전하기 시작하면 하드디스크의 회전에 의해 발생하는 공기동압에 의해, 하드디스크에 대하여 부상한 채로 비행(flying)하게 된다. 자기 헤드 슬라이더가 부상한 채로 비행할 때, 자기 헤드 슬라이더에 마련된 자기 헤드와 하드디스크의 표면 사이의 간격(gap)을 비행 높이(FH: Flying Height)라 한다. 이러한 비행 높이는 컴퓨터 시뮬레이션(simulation)을 사용하여 설계된다.

<29> 한편, 최근의 하드디스크는 용량이 증가되도록 TPI(Tracks per Inch)는 증가시키고 트랙의 폭은 줄이는 추세이다.

<30> 이와 같이 하드디스크의 트랙 폭을 줄이려면, 자기 헤드 중 하드디스크에 자기신호를 입력하는 쓰기 헤드의 폭도 그에 맞춰서 줄여야 하며, 읽기 헤드를 이용하여 상대적으로 작은 크기의 트랙에 적힌 자기 필드를 읽어내기 위해서는 자기 헤드의 비행 높이도 낮출 필요가 있다.

<31> 이와 같이, 최근의 고용량화 추세에 맞게 하드디스크의 면당 기록 밀도를 높이기 위한 중요한 요소 중의 하나는 자기 헤드의 비행 높이이다. 따라서 정확한 비행 높이의 측정은 하드디스크 드라이브의 신뢰성 확보에 매우 중요한 부분을 차지한다.

<32> 최근에는 자기 헤드 슬라이더를 글래스 디스크 위에 비행시키고 있는 상태에서, 광원에서 나온 광을 글래스 디스크를 통하여 자기 헤드 슬라이더에 조사하고, 그 자기 헤드 슬라이더에서 반사되는 광의 세기를 측정하여 비행 높이를 계산하는 비행 높이 측정

기가 사용되고 있다. 여기서, 상기 광원으로는 단일 광원을 사용하거나, 단일 광원에 의해 측정 오차를 줄이기 위해 멀티 광원을 사용하기도 한다. 상기 글래스 디스크는 광의 투과가 가능한 디스크이다.

<33> 비행 높이는 글래스 디스크의 표면에서 반사되는 광과 자기 헤드 슬라이더에서 반사되는 광에 의한 간섭광의 세기를 측정하면 알 수 있다.

<34> 그런데, 비행 높이는 사용되는 디스크의 표면거칠기, 재료, 기구적 특성에 의해 영향을 받는다. 하지만, 상기 비행 높이 측정기에서 사용되는 글래스 디스크와 하드디스크는 차이가 있기 때문에, 상기와 같은 비행 높이 측정 방식에 의해서는, 하드디스크에 대한 자기 헤드의 비행 높이를 제대로 알 수가 없다.

<35> 또한, 최근에는 하드디스크의 고용량화에 따라 비행 높이가 아주 낮게 설계되고 있어, 상기와 같은 광을 이용한 비행 높이 측정기의 측정 한도에 접근하고 있다. 이는, 최근 비행 높이가 너무 낮아져, 상기와 같은 광을 이용한 측정 방식에 사용하는 광 파장에 기인하여 분해능에 한계가 있으며, 이에 의해 측정의 반복성이 떨어지기 때문이다. 따라서, 앞으로 비행 높이가 더 낮게 설계된다면, 상기와 같은 광을 이용한 측정 방식에 의해서는 측정값의 신뢰성에 문제가 발생할 수 있으며, 시뮬레이션에 의해 설계된 비행 높이를 검출하는데 한계가 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<36> 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 개선하기 위하여 안출된 것으로, 별도의 글래스 디스크를 사용하지 않으며, 하드디스크의 고용량화에 따라 점점 비행 높이가 낮아

지는 추세에도 충분히 대응할 수 있는 비행 높이 측정 방법 및 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <37>      상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 비행 높이 측정 방법은, 비행 높이 측정 대상 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 적어도 하나의 돌기를 갖는 디스크를 회전시켜, 상기 디스크에 대해 헤드 조립체의 슬라이더를 부상시키고, 디스크의 회전에 따라 상기 슬라이더에 의해 상기 돌기의 상단부를 절단하는 단계와; 측정기에 의해 상기 절단된 돌기의 높이를 물리적으로 측정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <38>      또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템은, 비행 높이 측정 대상 헤드 조립체와; 상기 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 적어도 하나의 돌기를 가지며, 그 회전에 의해 상기 헤드 조립체의 슬라이더를 부상되어, 이 슬라이더의 비행 높이보다도 높게 돌출된 돌기의 상측부가 상기 슬라이더에 의해 절단되는 디스크와; 상기 디스크의 회전에 따라 부상된 상기 헤드 조립체의 슬라이더에 의해 절단된 돌기의 높이를 물리적으로 측정하기 위한 측정기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <39>      이상에서, 상기 헤드 조립체는 자기 헤드 조립체이고, 상기 디스크는 자기 기록 디스크일 수 있다.
- <40>      이때, 상기 돌기는 상기 디스크의 기저층 물질의 마이그레이션에 의한 어스페리티 생성에 기인한 것일 수 있다.

- <41>       상기 측정기는 AFM인 것이 바람직하다.
- <42>       이하, 첨부된 도면들을 참조하면서 본 발명에 따른 비행 높이 측정 방법 및 시스템의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.
- <43>       도 1은 자기 기록 디스크의 층 구조를 개략적으로 보인 단면도이다.
- <44>       도면을 참조하면, 자기 기록 디스크(10)는, 기판(11)과, 기저층(13) 및 자기 기록층(15)을 구비한다.
- <45>       상기 기판(11)은 알루미늄 재질 예컨대 알루미늄-마그네슘(Al-Mg) 합금으로 이루어진다.
- <46>       상기 자기 기록층(15)이 수직 자기 기록층인 경우에는 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 자기 기록층(15)의 저면 즉, 상기 기저층(13)과 자기 기록층(15) 사이에는 상기 자기 기록층(15)의 수직 배향성을 유도하는 하지막(under layer:14)이 더 구비된다. 상기 하지막(14)은 예컨대, Cr으로 이루어질 수 있다.
- <47>       상기 기저층(13)은 Ni-P로 이루어질 수 있다. 이러한 기저층(13)은 자기 기록층(15)이 보다 균일한 층으로 형성되어, 안정된 자기적인 성능(magnetic performance) 유지가 가능하도록 해준다. 또한, 상기 기저층(13)은 자기 기록층(15)이 기판(11)으로부터 받는 열적/역학적 영향에 의한 자기적인 성능 변화를 적게 해준다. 또한 기저층(13)은 기판(11)을 이루는 알루미늄층의 강성을 보강하고, 하지막(14)을 이루는 Cr층 형성시 가공성을 향상시킨다.

- <48> 한편, 자기 기록 디스크(10)는, 자기 기록층(15)을 외부적 충격으로 보호하기 위한 보호층(17)을 더 구비하는 것이 바람직하다. 상기 보호층(17)은 예컨대, DLC(Diamond-like carbon)와 같은 탄소계 물질로 이루어질 수 있다.
- <49> 또한, 상기 자기 기록 디스크(10)는, 원활한 동작 구현을 위해, 상기 보호층(17)상에 윤활층(lubricant layer:19)을 더 구비하는 것이 바람직하다.
- <50> 상기와 같은 층 구조를 갖는 자기 기록 디스크(10)는 알루미늄 재질의 기판(11) 위에 각각의 기능에 따라 여러 층을 스퍼터링(sputtering)하여 구성된다.
- <51> 자기 기록 디스크(10)에는, 고온 고습의 환경에서 부식이 일어나지 않도록 하기 위해 자기 기록층(15)상에는 상기한 바와 같은 탄소계 물질로 된 보호층(17)을 형성한다. 하지만, 이러한 보호층(17)에 의해 그 이하 층들이 완벽하게 실링(sealing)되지는 못하므로, 자기 기록 디스크(10)에는 도 2에 보여진 바와 같이 핀홀(pinhole:20)이나 깊은 결(deep texture) 등이 생기게 되고, 이에 의해 기저층(13)을 이루는 니켈(Ni)물질이 마이그레이션(migration:이동)된다.
- <52> 도 3은 3.0kV의 에너지로 자기 기록 디스크 표면을 관측하여 얻은 영상을 보여준다. 도 4는 20 kV의 에너지로 자기 기록 디스크의 표면을 관측하여 얻은 영상을 보여준다. 도 3 및 도 4는 핀홀을 통해 형성된 니켈 마이그레이션(Ni-migration)에 의한 어스페리티(21,23,asperity:울퉁불퉁함)의 실제 모습을 보여준다. 도 3 및 도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 자기 기록 디스크 표면에는 핀홀(20)을 통해 어스페리티(21)(23)가 생성된다.

- <53> 도 3에서와 같이 3.0kV로 영상을 얻었을 때는 어스페리티(21)의 중심 부분에 편홀이 관측되지 않는다. 하지만, 도 4에서와 같이, 20kV 에너지로 영상을 얻었을 때는 모든 어스페리티(23)에서 편홀(20)을 볼 수 있다.
- <54> 이와 같이 편홀(20)이 도 3에 보여진 바와 같이 3 kV 정도의 상대적으로 낮은 에너지에서는 관측되지 않으나, 도 4에 보여진 바와 같이 20 kV 정도의 고 에너지에서는 관측되는 이유는, 기저층(13) 물질의 마이그레이션이 많이 일어났을 경우, 부식 생성물(corrosion products)이 편홀(20)을 덮어버렸지만, 이렇게 편홀(20)을 덮고 있는 마이그레이션 생성물들은 밀도가 아주 낮고 층도 얇기 때문일 것으로 추측된다.
- <55> 도 2 및 도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 자기 기록 디스크(10)에는 스퍼터링 도중에 편홀(20) 또는 깊은 결 등이 생기는데, 예를 들어 편홀(20)을 통한 니켈 마이그레이션의 메카니즘은 다음과 같다.
- <56> 자기 기록 디스크 드라이브 예컨대, 하드디스크 드라이브 내부에서 부품의 표면에 존재하는 부식성 가스(gas)나 습기가 하드디스크 드라이브의 동작 중 발생하는 열이나, 고온고습 실험시의 열에 의해 자기 기록 디스크(10) 표면으로 이동하게 되고 이렇게 이동된 표면의 부식성 가스나 습기가 스퍼터링 도중에 자기 기록 디스크(10)에 생긴 편홀(20)을 통해 기저층(13) 즉, 니켈 층까지 침투하고, 니켈과 반응하여 부식 생성물(corrosion product)을 형성하게 되고, 이 부식 생성물이 자기 기록 디스크(10)의 표면으로 마이그레이션된다. 따라서, 자기 기록 디스크(10)의 표면에는 어스페리티(21)(23)가 생성되게 된다.
- <57> 도 5는 상기와 같은 니켈 물질의 마이그레이션에 의해 생성된 어스페리티의 삼차원 형상을 보여준다. 도 6은 자기 기록 디스크의 결을 따라 니켈-마이그레이션에 의해 생성

된 어스페리티를 보여준다. 도 5 및 도 6은 AFM 측정 영상(image)을 보여준다. 도 6에 보여진 바와 같이, 니켈-마이그레이션에 의한 어스페리티는 디스크의 결을 따라 생성될 수도 있다.

<58> 도 7a는 니켈 물질의 마이그레이션에 의해 생성된 어스페리티를 AFM으로 측정한 섹션 분석 결과를 보여준다. 도 7a에서 가로축은  $\mu\text{m}$  단위, 세로축은 nm 단위를 나타낸다. 측정은, 도 7b에 보여진 바와 같이, 약간 어긋난 두 스캔 라인을 따라 이루어 졌다. 도 7b에서 스캔 라인 상에 위치된 하얗게 표시된 부분이 어스페리티이다.

<59> 도 5 내지 도 7b에서 알 수 있는 바와 같이, 자기 기록 디스크의 표면에는 니켈 물질의 마이그레이션에 의해 어스페리티가 형성되는데, 그 높이가 요망되는 자기 헤드 조립체의 비행 높이보다 높은 수십 nm에 달하는 것을 알 수 있다. 물론; 이 어스페리티의 단면적은 그다지 크지 않다.

<60> 따라서, 상기와 같이, 기저층 물질의 마이그레이션에 의한 어스페리티의 생성에 의해 그 표면에 비행 높이보다 높은 돌기가 생성된 자기 기록 디스크를 사용할 때, 도 8a 및 도 8b에 도시된 바와 같이, 자기 기록 디스크(10)의 회전에 의해 그 표면으로부터 비행 높이만큼 부상된 슬라이더(25) 예컨대, 자기 헤드 슬라이더는 그 비행 높이보다 크게 돌출된 돌기의 부분을 치게 되고, 이에 의해 헤드의 가장 낮은 곳의 비행 높이(Min FH)에 해당하는 돌기 부분만 남기고 그 상측부는 절단된다. 도 8a에서 참조 번호 27a는 절단되기 전의 돌기를 나타내고, 도 8b에서 참조번호 27b는 슬라이더(25)에 의해 절단된 돌기를 나타낸다.

- <61> 도 9a는 슬라이더에 의해 절단된 일 돌기를 AFM으로 측정한 섹션 분석 결과를 보여준다. 측정은, 도 9b에 보여진 스캔 라인을 따라 이루어 졌다. 도 9b에서 스캔 라인 상에 위치한 하얗게 표시된 부분이 어스페리티이다.
- <62> 절단된 다른 돌기를 AFM으로 측정한 다른 예로서, 도 10a는 슬라이더에 의해 절단된 돌기를 AFM으로 측정한 섹션 분석 결과를 보여준다. 측정은, 도 10b에 보여진 스캔 라인을 따라 이루어 졌다. 도 10b에서 스캔 라인 상에 위치한 하얗게 표시된 부분이 어스페리티이다.
- <63> 따라서, 상기와 같이 자기 헤드 조립체의 슬라이더로 니켈 물질의 마이그레이션에 의해 형성된 돌기의 상측부를 절단하고, 예를 들어, AFM을 이용하여 이 절단된 돌기의 높이를 측정하면, 실제 헤드의 가장 낮은 곳의 비행 높이를 측정하는 것이 가능하다.
- <64> 이와 같이 기저층 물질의 마이그레이션 메카니즘에 의해 디스크의 표면에 어스페리티가 형성되는 것을 이용하여, 자기 헤드 조립체의 비행 높이를 측정하는 것이 본 발명의 주요 특징이다.
- <65> 도 11은 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템의 구성을 개략적으로 보인 도면이다.
- <66> 도 11을 참조하면, 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템은 비행 높이 측정 대상 자기 헤드 조립체(30)와, 상기 자기 헤드 조립체(30)의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 적어도 하나의 돌기를 갖는 자기 기록 디스크(40)와, 상기 자기 헤드 조립체(30)의 슬라이더(31)에 의해 절단된 돌기(41)의 높이를 물리적으로 측정하기 위한 측정기(50)를 포함하여 구성된다.



- <67>        상기 자기 헤드 조립체(30)는 자기 기록 디스크(40) 예컨대, 하드디스크의 회전에 따라 부상되는 슬라이더(31)를 구비하며, 그 슬라이더(31)의 선단부에는 자기 헤드(미도시)가 마련되어 있다. 상기 슬라이더(31)의 비행 높이는 디스크(40) 회전시, 디스크(40)에 대해 부상되는 슬라이더(31)의 최하단과 상기 디스크(40)의 기준 표면 사이의 간격이다. 디스크(40)에 대해 부상된 상태로 있는 슬라이더(31)의 최하단부는 자기 헤드가 위치된 슬라이더(31)의 선단부이다. 따라서, 본 발명에 있어서, 슬라이더(31)의 비행 높이는 실질적으로 자기 헤드의 비행 높이를 의미한다.
- <68>        여기서, 자기 헤드 조립체는 여러 종류가 있으며, 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템은 어떤 종류의 자기 헤드 조립체이든지 간에 슬라이더의 최소 비행 높이를 측정하는 것이 가능하다. 여기서, 자기 헤드 조립체에 대해서는 자기 기록/재생 분야에서 널리 알려져 있으므로, 그 구체적인 예시는 생략한다.
- <69>        상기 자기 기록 디스크(40)는 그 디스크를 구성하는 물질 특히, 기저층 물질인 니켈의 마이그레이션 메카니즘에 의해 표면에 돌기가 형성된다. 상기 자기 기록 디스크(40)를 회전시키면, 자기 헤드 조립체(30)의 슬라이더(31)가 소정 높이만큼 자기 기록 디스크(40)의 표면으로부터 이격되게 부상되는데, 자기 기록 디스크(40)의 회전에 따라 상기 슬라이더(31)의 가장 낮은 부분은 그 슬라이더(31)의 최소 비행 높이보다 높게 자기 기록 디스크(40) 표면에 돌출 형성된 돌기를 치게 된다. 따라서, 슬라이더(31)가 지난 자기 기록 디스크(40)의 표면에는 슬라이더(31)의 최소 비행 높이로 절단되거나 그보다 낮은 돌기들이 존재하게 된다.
- <70>        이때, 자기 기록 디스크(40)의 표면으로부터 슬라이더(31)에 의해 절단된 돌기(41)의 상단까지의 거리는 슬라이더(31)의 최소 비행 높이와 대략 같다.

- <71> 따라서, 상기 측정기(50)에 의해 슬라이더(31)에 의해 절단된 돌기(41)의 높이를 자기 기록 디스크(40)의 표면에 대해 측정하면, 슬라이더(31)의 최소 비행 높이를 알 수 있다.
- <72> 여기서, 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템에서는, 자기 헤드 조립체(30)의 비행 높이를 측정하기 위한 자기 기록 디스크(40)로, 기저층 물질 특히, 니켈의 마이그레이션에 의해 표면에 돌기가 형성된 자기 기록 디스크 대신에, 결함이 많아 실제 자기 기록 및/또는 재생용으로 사용이 불가능한 자기 기록 디스크나, 울퉁불퉁한 돌기를 일부러 형성한 자기 기록 디스크를 사용할 수도 있다. 물론, 이때에도 자기 기록 디스크에는 측정 대상 자기 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 돌기가 형성되어 있어야 한다.
- <73> 한편, 자기 기록 디스크(40)의 고용량화에 따라 슬라이더(31)의 최소 비행 높이는 수 nm 내지 수십 nm 정도로 아주 낮기 때문에, 상기 측정기(50)는 자기 기록 디스크(40)의 표면을 원자 스케일 정도로 관측할 수 있어야 한다.
- <74> 따라서, 상기 측정기(50)로는 AFM(Atomic force microscopy)을 구비하는 것이 바람직하다.
- <75> AFM은 물질 표면의 구조에 대한 입체적인 정보를 파악할 수 있으며, Å단위까지의 표면의 원자배치를 비교적 간단한 방법으로 파악할 수 있는 스캐닝 프로브 마이크로스코피(SPM:Scanning Probe Microscopy)이다. 상기 AFM은 물질 표면의 전기적 성질에 제한이 없으며, 시료의 표면을 처리하지 않고 관찰할 수 있다. AFM을 이용하여 전기를 통하지 않는 부도체를 포함하여 수용액 상의 고체물질의 표면도 관찰이 가능하다.

- <76> AFM은 탐이라고 부르는 작고 날카로운 검침으로 물질 표면을 2차원적으로 스캐닝하여 3차원적인 표면정보를 얻는 것으로, 시료 표면과 검침 사이에 반발력을 일정하게 유지하면서, 즉, 검침과 시료 표면 사이의 거리를 일정하게 유지하면서, 검침 높이의 공간적인 분포를 이미지로 변환시키는 원리를 적용한 것이다. 반발력은 모든 물질에 보편적으로 작용하는 힘이므로, AFM은 전기가 통하지 않는 부도체에도 응용될 수 있다.
- <77> 상기와 같이 측정기(50)로 원자 스케일 정도로 표면을 관측할 수 있는 AFM을 이용하면, 수 nm 내지 수십 nm 의 높이를 갖는 돌기를 관측할 수 있으므로, 자기 헤드 조립체(30)의 슬라이더(31)의 충분히 낮은 최소 비행 높이를 측정할 수 있다. 따라서, 고용량화에 따라 비행 높이가 수 nm 내지 수십 nm 정도로 충분히 낮은 경우에도 비행 높이의 측정이 가능하다.
- <78> 상기와 같이 비행 높이 측정 시스템이 구축되면, 자기 기록 디스크(40)를 회전시키면서, 자기 헤드 조립체(30)의 슬라이더(31)를 부상시키고, 슬라이더(31)가 지나쳐 돌기가 절단된 자기 기록 디스크(40)의 표면을 측정기(50) 예컨대, AFM으로 관측하여, 절단된 돌기(41)의 높이를 재면, 측정 대상 자기 헤드 조립체(30)의 최소 비행 높이를 알 수 있다. 이때, 측정 대상 자기 헤드 조립체(30)의 비행 높이는, 절단된 돌기(31)의 높이가 된다.
- <79> 본 발명자의 확인에 따르면, 상기와 같은 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템에 의해 비행 높이가  $0.45\mu\text{m}$ 로 설계된 자기 헤드 조립체의 비행 높이 측정시, 발생된 어스페리티를 자기 헤드 조립체가 치고 지나간 뒤 측정한 어스페리티를 AFM으로 측정한 데이터가 기준에서 수직 거리가 약 15~16nm로, 실제 자기 헤드 조립체의 최소 비행 높이는 약  $0.6\mu\text{inch}$ 로 판단되었다.

- <80>       상기 예에서와 같이, 자기 헤드 조립체의 실제 비행 높이는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 설계치와, 실제 비행 높이가 차이가 난다. 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템에 의하면, 자기 헤드 조립체의 실제 비행 높이를 정확히 측정할 수 있다.
- <81>       상기한 바와 같은 본 발명에 따르면, 글래스 디스크를 이용하는 종래와는 달리 실제로 사용되는 디스크(자기 헤드 조립체의 경우에는 자기 기록 디스크)를 사용하므로, 보다 신뢰성 있는 비행 높이 데이터를 얻을 수 있다. 또한, 보다 낮은 비행 높이 설계시 종래의 광 간섭 방식 측정의 한계를 극복할 수 있다.
- <82>       한편, 상기와 같은 비행 높이 측정 시스템은 자기 기록 디스크가 채용되는 드라이브와 별도로 따로 만들지 않을 수도 있다. 즉, 자기 헤드의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 돌기가 형성된 자기 기록 디스크를 실제 드라이브에 설치하고, 자기 헤드를 플라잉시키고, 이후, 이 자기 기록 디스크를 빼내어 측정기 즉, AFM 또는 기타 정확한 프로파일을 얻을 수 있는 장비를 통해 비행 높이를 확인하면 된다.
- <83>       이상에서는, 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템에 의해 자기 헤드 조립체의 비행 높이를 측정하는 것으로 설명 및 도시하였는데, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- <84>       즉, 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템은, 자기 헤드 조립체 대신에, 다른 종류의 헤드 조립체의 비행 높이 측정용으로 사용될 수도 있다. 이와 같이, 본 발명에 따른 비행 높이 측정 시스템 및 측정 원리는 헤드 조립체의 종류에 한정되지 않으며, 측정 대상 헤드 조립체의 종류에 맞게 사용될 디스크의 종류를 바꿔주면 된다. 물론, 이때에도 디스크에는 자연적으로 생성된 것이든, 인위적으로 형성된 것이든 간에, 측정 대상 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 돌기가 형성되어 있어야 한다.

**【발명의 효과】**

<85>       상기한 바와 같은 본 발명에 따르면, 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 더 높게 돌출된 돌기를 갖는 디스크에 대해 헤드 조립체의 슬라이더를 부상시켜, 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 돌출된 돌기의 상측부를 상기 슬라이더에 의해 절단하고, 이 절단된 돌기를 갖는 디스크의 표면 프로파일을 측정하여 헤드 조립체의 비행 높이를 측정하므로, 고용량화에 따라 점점 비행 높이가 낮아지는 추세에도 충분히 대응할 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

비행 높이 측정 대상 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 적어도 하나의 돌기를 갖는 디스크를 회전시켜, 상기 디스크에 대해 헤드 조립체의 슬라이더를 부상시키고, 디스크의 회전에 따라 상기 슬라이더에 의해 상기 돌기의 상단부를 절단하는 단계와;

측정기에 의해 상기 절단된 돌기의 높이를 물리적으로 측정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 방법.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 헤드 조립체는 자기 헤드 조립체이고, 상기 디스크는 자기 기록 디스크인 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 방법.

**【청구항 3】**

제2항에 있어서, 상기 돌기는 상기 디스크의 기저층 물질의 마이그레이션에 의한 어스페리티 생성에 기인한 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 방법.

**【청구항 4】**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정기는 AFM인 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 방법.

**【청구항 5】**

비행 높이 측정 대상 헤드 조립체와;

상기 헤드 조립체의 최소 비행 높이보다도 높게 돌출된 적어도 하나의 돌기를 가지며, 그 회전에 의해 상기 헤드 조립체의 슬라이더를 부상되어, 이 슬라이더의 비행 높이보다도 높게 돌출된 돌기의 상측부가 상기 슬라이더에 의해 절단되는 디스크와;

상기 디스크의 회전에 따라 부상된 상기 헤드 조립체의 슬라이더에 의해 절단된 돌기의 높이를 물리적으로 측정하기 위한 측정기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 시스템.

**【청구항 6】**

제5항에 있어서, 상기 헤드 조립체는 자기 헤드 조립체이고, 상기 디스크는 자기 기록 디스크인 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 시스템.

**【청구항 7】**

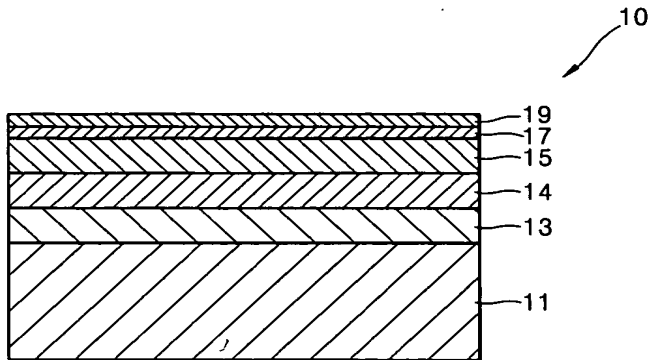
제6항에 있어서, 상기 돌기는 상기 디스크의 기저층 물질의 마이그레이션에 의한 어스페리티 생성에 기인한 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 시스템.

**【청구항 8】**

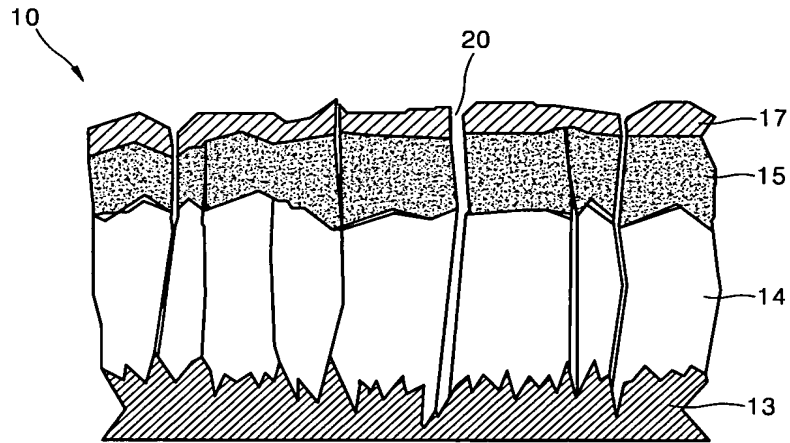
제5항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정기는 AFM인 것을 특징으로 하는 비행 높이 측정 시스템.

【도면】

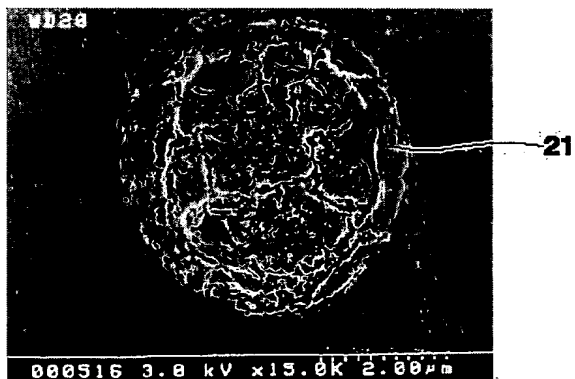
【도 1】



【도 2】

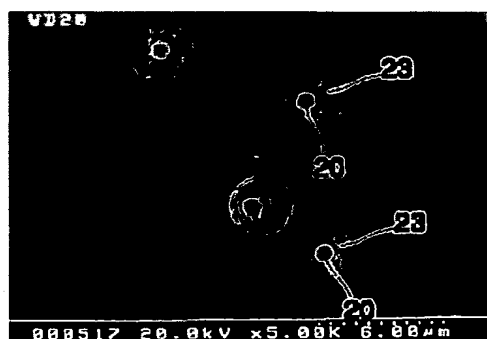


【도 3】

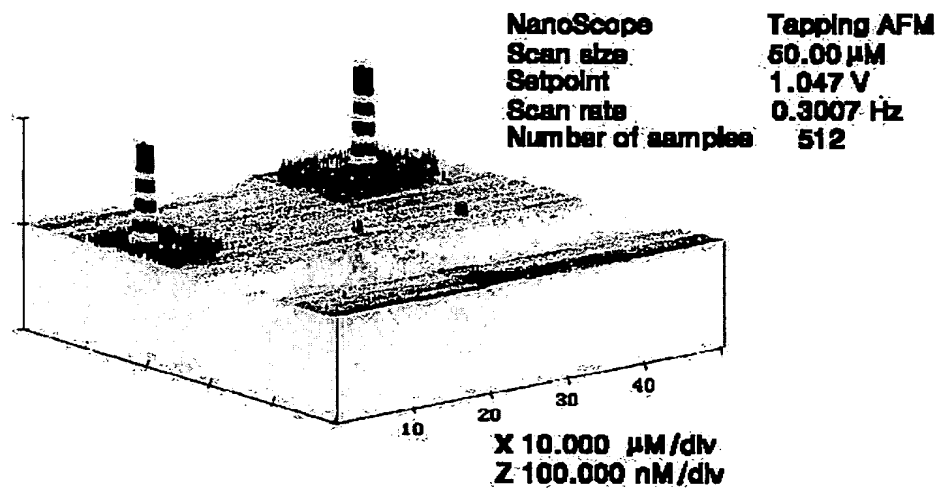




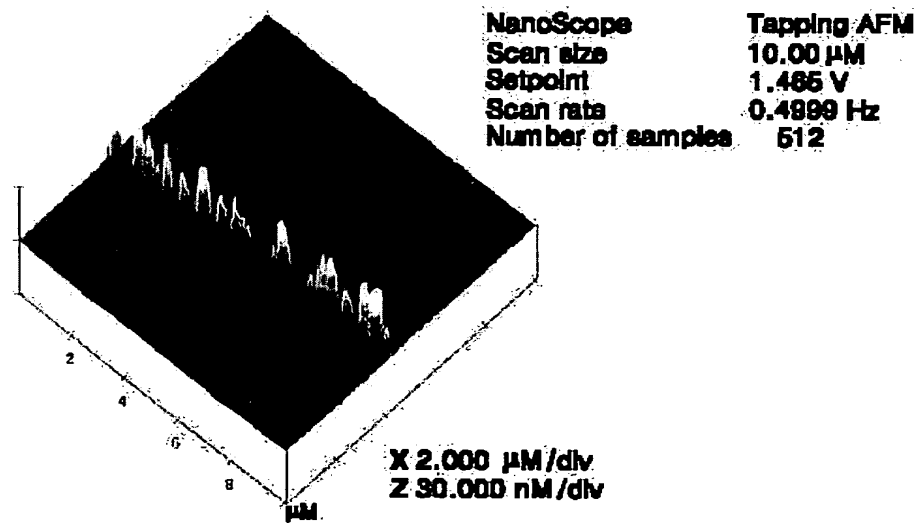
【도 4】



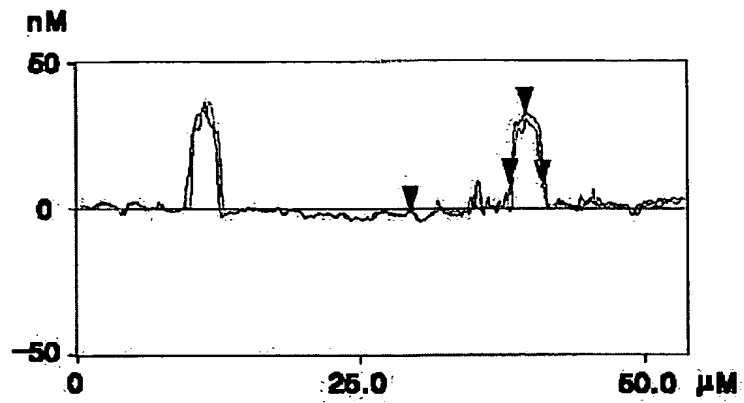
【도 5】



【도 6】



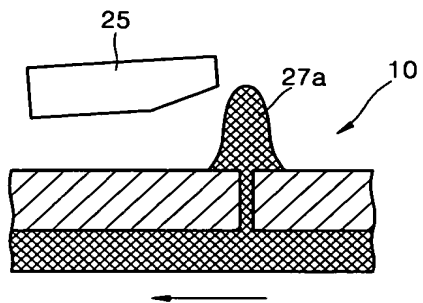
【도 7a】



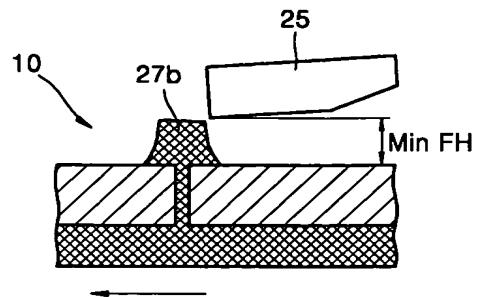
【도 7b】



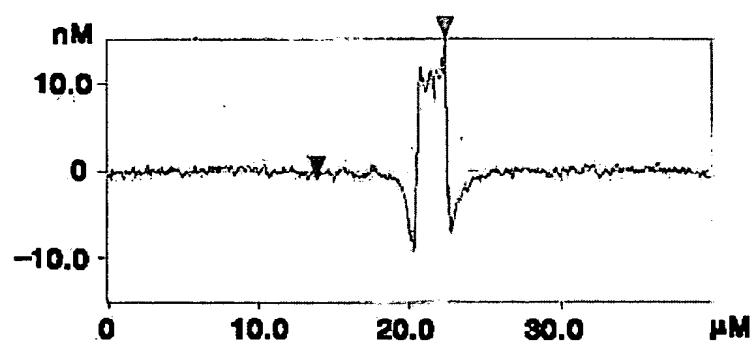
【도 8a】



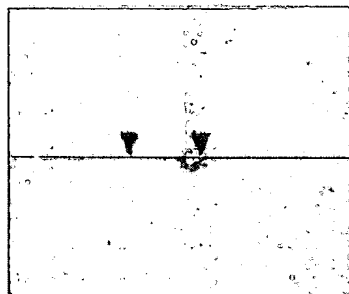
【도 8b】



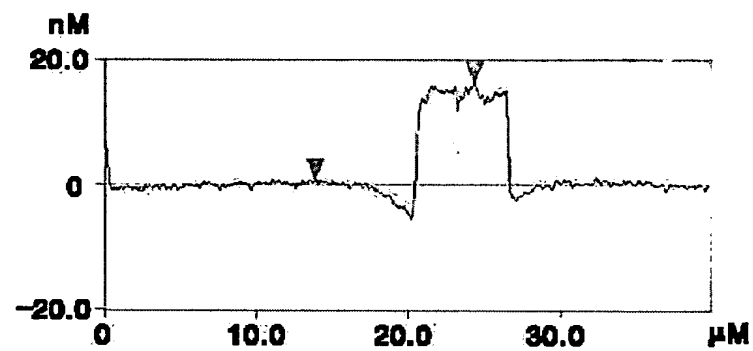
【도 9a】



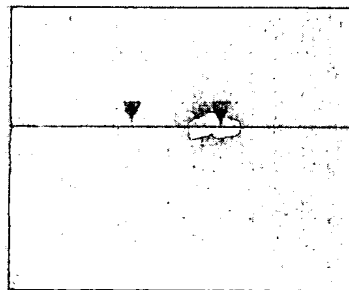
【도 9b】



【도 10a】



【도 10b】



【도 11】

